

Title	Analytical and numerical studies on instability and breakup of liquid sheets
Author(s)	菅, 健太郎
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/47310">https://hdl.handle.net/11094/47310</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 菅 健 太 郎

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 2 5 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 19 年 3 月 23 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当

基礎工学研究科機能創成専攻

学 位 論 文 名 Analytical and numerical studies on instability and breakup of liquid sheets

(液体シートの不安定性と崩壊に関する解析的および数値的研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 杉 本 信 正

(副査)

教 授 河 原 源 太 教 授 川 野 聡 恭

#### 論 文 内 容 の 要 旨

液体シートの振る舞いは、流体力学の問題として古くから研究されており、またその解明は工学的にはカーテンフローコート法と呼ばれる塗装技術、カプセルの製造や噴霧器等への応用において重要である。しかしながら、これまでの研究はシートの線形挙動に関する解析が主で、破断や崩壊に至るシートの大変形に伴う非線形挙動の解析はほとんど行われていない。特に重力と粘性の影響や、シートの周りに固体壁が存在する場合のシートの振る舞いは明らかにされていない。そこで本論文は、平面シートと円筒シートを対象を絞り、シートの不安定性と崩壊に及ぼす重力、液体の粘性、固体壁の影響を明らかにしたものである。

平面シートの線形解析において、外部流体によって長波攪乱は不安定化される。一方、薄膜においては粘性は対称モードを安定化させる。また、外部流体を考慮しない場合でも大きな攪乱が加えられたシートは破断するが、粘性はその破断を遅らせる。重力場で落下するシートでは下流に伝播する反対称モードのみが増幅し、それによって誘起される対称モードがシートの破断を引き起こす。

円筒シートでは、外部流体が存在しない場合でさえ、長波攪乱に対して表面張力により線形不安定となる。粘性により増幅率は抑えられるが、不安定な波数領域は変化しない。この不安定性によりシートが閉じて崩壊または分裂して崩壊する。また、粘性は崩壊時間を遅らせるだけでなく、崩壊時のシート形状に大きく影響する。

シートの周りに固体壁が設置されている場合には、壁面がシートに近いときに微小攪乱はより不安定化される。鏡像の原理を用いた離散渦法により、壁面がシートのより大きな変形や歪みを引き起こすことが明らかにされた。一方、シート表面での速度不連続が小さい場合、非粘性シートにおける外部流体の効果は粒子法を併用したレベルセット法によってうまく記述される。また、薄膜近似はシート厚みの概ね 7.5 倍以上の波長をもつ変形に対して有効であることも明らかになった。

## 論文審査の結果の要旨

液体シートの振る舞いは、流体力学の問題として古くから研究されており、またその解明は工学的にはカーテンフローコート (CFC) 法と呼ばれる塗装技術、カプセルの製造や噴霧器等への応用において重要である。しかしながら、これまでの研究はシートの線形挙動に関する解析が主で、破断や崩壊に至るシートの大変形に伴う非線形挙動の解析はほとんど行われていない。特に重力と粘性の影響や、シートの周りに固体壁が存在する場合のシートの振る舞いは明らかにされていない。そこで本論文は、平面シートと円筒シートを対象を絞り、シートの不安定性と崩壊に及ぼす重力、液体の粘性、固体壁の影響を明らかにしたものである。

平面シートの線形解析において、外部流体によって長波攪乱は不安定化される。一方、薄膜においては粘性は対称モードを安定化させる。また、外部流体を考慮しない場合でも大きな攪乱が加えられたシートは破断するが、粘性はその破断を遅らせる。重力場で落下するシートでは下流に伝播する反対称モードのみが増幅し、それによって誘起される対称モードがシートの破断を引き起こす。

円筒シートでは、外部流体が存在しない場合でさえ、長波攪乱に対して表面張力により線形不安定となる。粘性により増幅率は抑えられるが、不安定な波数領域は変化しない。この不安定性によりシートが閉じて崩壊または分裂して崩壊する。また、粘性は崩壊時間を遅らせるだけでなく、崩壊時のシート形状に大きく影響する。

シートの周りに固体壁が設置されている場合には、壁面がシートに近いときに微小攪乱はより不安定化される。鏡像の原理を用いた離散渦法により、壁面がシートのより大きな変形や歪みを引き起こすことが明らかにされた。一方、シート表面での速度不連続が小さい場合、非粘性シートにおける外部流体の効果は粒子法を併用したレベルセット法によってうまく記述される。また、薄膜近似はシート厚みの概ね 7.5 倍以上の波長をもつ変形に対して有効であることも明らかにした。

このように、液体シートの不安定性と崩壊に至る非線形的挙動を理論的に明らかにしたことは、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。